

实验步骤

- 确定扭秤的初始平衡位置.
- 记录扭秤平衡位置的振荡,并测量振荡周期
- 确定最终的平衡位置
- 计算引力常数 G .

实验目的

用卡文迪许扭秤来测量万有引力和引力常数。

概述

卡文迪许扭秤的核心组件就是装有一对小铅球的敏感扭摆，两个大铅球放在小铅球的附近来吸引他们，大铅球的位置决定了扭摆的平衡位置，如果大铅球移动到相对平衡的第二个位置，扭秤会在一个短周期内到达新的平衡。运用几何学解析装置的前后位置，可以求出引力常数。实验的决定性因素是大铅球对小铅球的万有引力和扭摆的复原力是平衡的。扭摆的振动被差动电容传感器测量，它能在很大程度上抑制信号的噪声和振荡。扭摆上的悬丝是特定的非常细的，因此振荡周期大约在几分钟，这就意味着每小时可以在空间内观察到平衡位置的数个振动。

所需仪器

数量	描述	型号
1	卡文迪许扭秤	U40205
1	红色激光二极管	U22000
1	管脚, 1000 g	U13265
1	通用夹	U13255
1	不锈钢管, 100 mm	U15000
此外推荐:		
1	游标卡尺, 150 mm	U10071
1	电子称, 5000 g	U42061

基本原理

在实验室中测量两个物体之间的万有引力时，附近的其他物体不可避免的会影响我们的实验结果，卡文迪许扭秤很大程度地解决了这个问题，因为物体间的距离是对称的。

卡文迪许扭秤的核心部件就是两端装有小铅球的敏感扭秤。用两个大一点的铅球放在小铅球的附近吸引他们，大铅球的位置决定了扭秤的平衡位置，如果大铅球相对平衡的移动到第二个位置，扭秤会在一个短周期内到达新的平衡位置，运用几何学解析装置的前后位置，可以求出引力常数。实验的核心因素就是万有引力和扭秤反作用力矩的平衡，

如下是万有引力的公式：

$$(1) \quad F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

G : 引力常数,
 m_1 : 小铅球的质量,
 m_2 : 大铅球的质量,
 d : 大铅球和小铅球的中心距离

大铅球对小铅球的万有引力使扭秤偏离原来的平衡位置，其扭转力矩为：

$$(2) \quad M_1 = 2 \cdot F \cdot r$$

r : 小铅球到支撑杆的挂载点的距离

如果扭秤被旋转的角度为 φ ，那么恢复力矩为：

$$(3) \quad M_2 = D \cdot \varphi$$

D : 悬丝的扭转常数

这是因为悬丝是从扭秤的支撑点悬挂的，在平衡位置 M_1 和 M_2 相等。
 扭转常数 D 可以由平衡扭摆的振荡周期 T 确定。

$$(4) \quad D = J \cdot \frac{4\pi^2}{T^2}$$

转动惯量 J 由两个铅球的转动惯量 J_1 和支撑杆的转动惯量 J_K 组成，

$$(5) \quad 4 \cdot F \cdot r = D \cdot (\varphi - \varphi') = D \cdot \Delta\varphi$$

m_B : 支撑杆的重量
 a, b : 支撑杆的长度和宽度

因为有两个大铅球，所以测量时应该有两个平衡位置，两个位置的偏转角为 φ 和 φ' ，且对应的偏转力矩的方向相反大小相等。
 平衡状态下，公式 (2) 和 (3) 可变形为如下形式：

$$(6) \quad J = 2 \cdot m_1 \cdot r^2 + \frac{m_B}{12} \cdot (a^2 + b^2)$$

在实验过程中，扭摆的振动被差动电容传感器测量，它能在很大程度上抑制信号的噪声和振荡。

扭摆上的悬丝是特定的非常细的，因此振荡周期大约在几分钟，这就意味着每小时可以在空间内观察到平衡位置的数个振动。

由于扭摆上的镜子可以设置一个光源，所以扭摆的振荡很容易被肉眼看出，这使平衡的必要调整和校正变得容易。

评价

通过整理公式(1), (4), (5)和 (6)得出：

$$G = \frac{\Delta\varphi}{m_2} \cdot \frac{d^2 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot \left(2 \cdot r + \frac{1}{12} \cdot \frac{m_B}{m_1} \cdot \frac{a^2 + b^2}{r} \right).$$

以上并未考虑远处的大物体对两个小球的吸引，所以作用在扭摆上的扭矩一定程度上相对于计算出来的值要小一些，不难将此校正带入公式 (2), 因为所有的距离都是已知的。

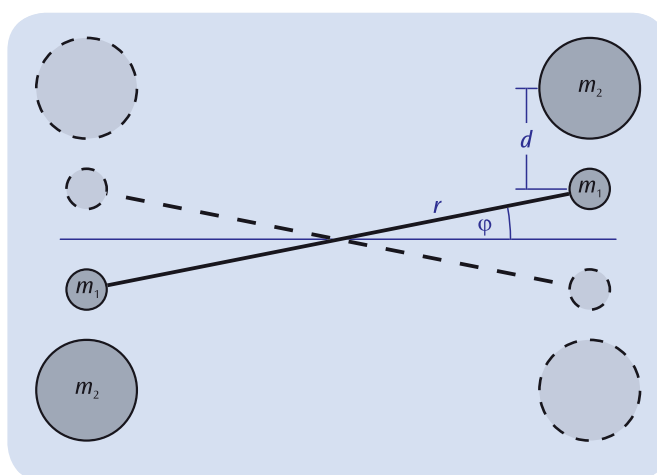


图1: 卡文迪许扭转平衡测量装置的示意图

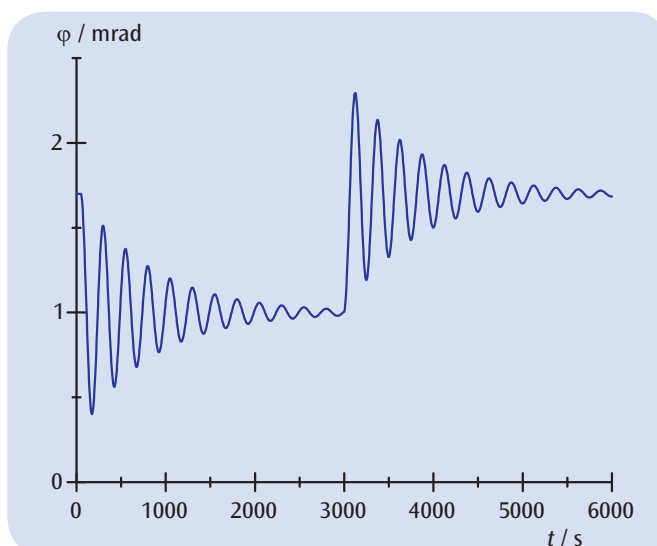


图2: 扭摆的偏转角度是根据铅球的两次测量位置的变化而测得的